

## 鉛直型ハイブリッド水制の機能に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○藤井駿  
 名古屋工業大学 フェロー会員 富永晃宏

### 1. はじめに

水制とは河川を流れる水の流速や流れの方向を変更することにより河岸や堤防を浸食から守る構造物である。現在では多自然川づくりの考えが導入され、河川周辺の生態系にとって良好な環境を創出するなど水制の設置目的は多様化している。

水制には内部を水が通ることのできない不透過水制と、通ることのできる透過水制の2種類があり、それぞれ検討が進められ、用途に合った利用がされている。不透過部分と透過部分を併せ持つハイブリッド水制は多様な流れ場を創出できると考えられ、その利用が期待される。そこで、ハイブリッド水制のモデルを用い、ハイブリッド水制の不透過部と透過部の鉛直方向の構造の違いが水制背後の流れ構造に及ぼす影響について、PIV計測により検討した。多様化する目的に合ったより合理的な水制の設置についての指針を得ることを研究の目的とする。

### 2. 実験条件

実験水路には長さ 7.5m、幅 0.3m の長方形断面可変勾配開水路を用いた。水制モデルは図-1 に示すように水路の左岸に接するように1つ設置した。x軸は水制前面を基準に流下方向を正にとり、y軸は右岸を基準にして左岸に向かって垂直にとり、z軸は水路底面から鉛直上向きとした。水制モデルの高さは5cmであり、非越流条件下で実験を行った。実験条件は表-1 のとおりである。

水制モデルは図-2 に示すように不透過部と透過部を組み合わせたものとし、大きさはすべて縦 3.5cm、横 7.5cm、高さ 5cm とした。透過部は図-2 (b) のように直径 0.5cm の円柱杭を 0.5cm 間隔で配置し杭の間を水が通るようにした。ハイブリッド水制は鉛直方向に不透過部と透過部の割合を変化させた。図-2 (c) に示すように上部を透過にした上部透過型と下部を透過にした下部透過型の2種類設定した。実験ケースを表-1 に示す。

流れの可視化には直径 80 $\mu$ m、比重 1.02 のナイロン樹脂を用い厚さ約 3mm のシート状にしたグリーンレーザー光を開水路水平断面および鉛直断面に照射した。水路の側面はガラス張り、レーザーによる光の反射を防ぐために水路底面と水制モデルは黒く塗装した。レーザーシートの照射位置は、水平断面に 5mm 間隔で z=0.5~3.5cm の 7 断面を、鉛直断面に

表-1 PIV 実験条件

流量 Q (cm/s)	下流端水深 h (cm)	平均流速 U <sub>av</sub> (cm/s)	フルード数 Fr	水路勾配 i	水路幅 B (cm)
2.1	4.0	17.4	0.28	1/1000	30

表-2 実験ケース

ケース名	水制高(mm)	不透過部の高さ(mm)	透過部の高さ(mm)	水制長(mm)	水制幅(mm)
caseNP	50	50	0	75	35
caseAP		0	50		
case1-3		10	40		
case2-2		20	30		
case3-1		30	20		
case1-3R		40	10		
case2-2R		30	20		
case3-1R		20	30		

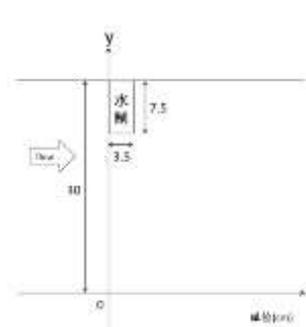


図-1 水制モデル設置位置と座標軸

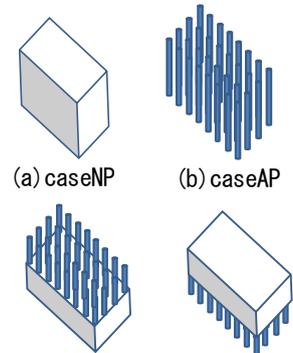


図-2 水制モデル図

20mm間隔で y=16.0~28.0cm の 7 断面を設定した。可視化画像は高速度カメラ (Ditect HAS-U1) を用いて 1/200s で撮影した。PIV 解析ソフト FlowExpert (カトウ光研) を用いて相互相関法により撮影画素数 1024×1024 ピクセルの画像を検査領域 24×24 ピクセルで解析し、16 秒間で 3200 データの流速ベクトルを得て統計処理を行った。

### 3. 実験結果

まず代表的特性を見るために caseNP, caseAP の 2 ケースと、透過部分と不透過部分の割合が等しい case2-2 と case2-2R の 2 ケースの合計 4 ケースについて比較する。図-3 に平均主流速で無次元化した底面付近の流下方向流速のコンター図を示す。caseAP では、杭の間を水が抜けていき、水制の背後に逆流域は発生しなかった。杭群先端での加速は確認できるが、主流域での加速は比較的小さく、全体的に流速差は小さい。caseNP では、不透過水制によって大きく水はねされるため水制の先端部から後方にかけて

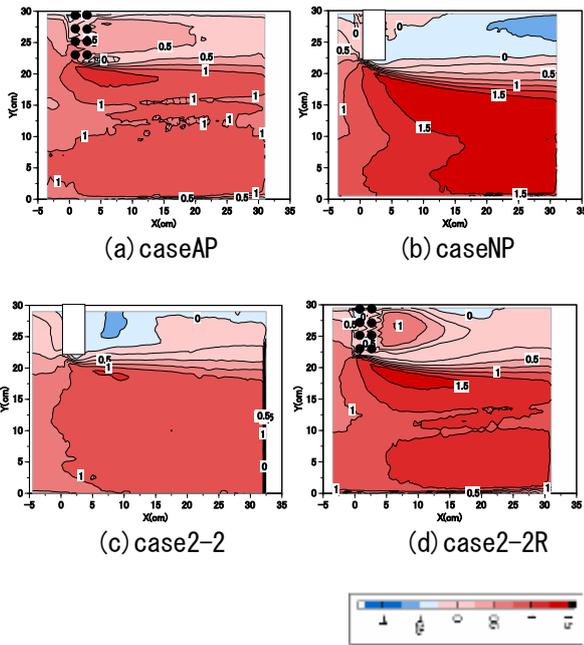


図-3 流下方向の無次元流速コンター(z=0.5cm)

広く逆流域ができ、下流に行くほど逆流の流速は大きくなる。また、遮へい効果によって主流の流速は大きく増加している。case2-2では、下部2cmを不透過とすることで水制先端から背後に回り込む流れが生じ、水制背後に逆流域が発生していることが確認できる。また、水制後方で広く低速域が分布している。caseNPに比べ逆流域は水制直下流に限られ、主流域での流速の加速は小さい。case2-2Rでは、下部2cmを透過とすることで杭の間を水が抜けていき、水制後方にcaseAPより高速な透過流が認められる。しかし、これより下流ではcaseAPより低速になっている。

次に、図-4にcase2-2とcase2-2Rの場合の底面付近(z=0.5cm)の水平断面ベクトル図を示す。図-4(a)のcase2-2では、水制先端から水制背後への流れ込みが確認でき、これにより逆流が生じていることがわかる。図-4(b)のcase2-2Rでは、水制後方の透過流が卓越し、主流域からの流れ込みは確認できなかった。

次に、図-3(c),(d)を見てみるとx=25cm以降では水制後方の流速の大きさに差がほとんどないことがわかる。図-5に、水制背後域の平均流速 $U_b$ を平均主流速 $U_m$ で無次元化した値の縦断分布を示す。z=0.5cmの場合、下部が不透過であるcase1-3, 2-2, 3-1では水制直下流において負の値をとり、不透過部高さが高くなるにつれて負の値が大きくなり下流側へシフトしている。下部が透過のケースの水制直下流においては全透過のcaseAPと同程度の流速であるが、case2-2R, 3-1RではcaseAPより大きな値をとる。このような水制直下流の局所的な流れは流下

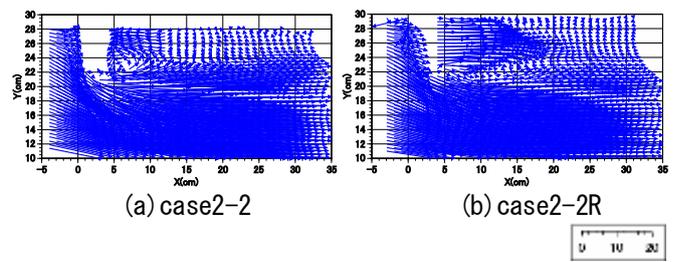


図-4 水平断面ベクトル図(z=0.5cm)

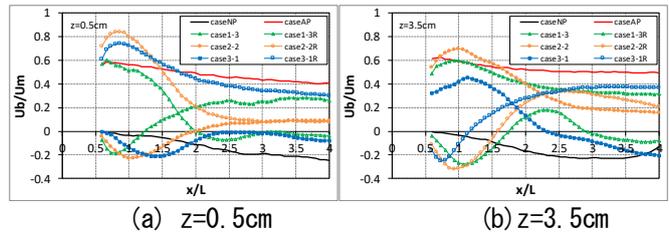


図-5 水制背後域平均主流速の縦断分布

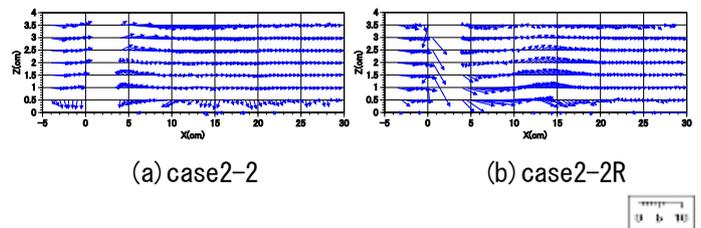


図-6 鉛直断面ベクトル図(y=26cm)

とともに急激に緩和され、 $x/L=3$ 以降では、透過部の割合に応じた値に収束していることがわかる。水制近傍の $z=3.5$ cmの場合でも同様のことが言えるが、下流部で不透過部と透過部の流速が逆転しており、水制背後での流れ構造の違いが示唆される。そこで図-6に水制中央にあたる $y=26$ cmにおける鉛直縦断面ベクトル図を示す。下部が透過の場合、水制直下で下降流が発生しその下流で上昇流が発生しているのが上部の流速が大きくなった要因と考えられる。

#### 4. おわりに

ハイブリッド水制を用いた場合、底面付近において、caseNPよりも主流の流速の増加を抑えることができ、且つ、逆流域を河岸付近に確保できることがわかった。また、底面付近および水面付近においては、ハイブリッド水制による流れ場への影響は $x=25$ cm程まで現れ、それ以降は透過部の割合によってある程度の流速に収まることがわかった。

また、水平方向だけではなく、鉛直方向の流れによる影響もあり、複雑な流れ構造になっていることがわかった。また、河岸の保護や生態系にとって良好な環境の創出等、多様な目的に合ったハイブリッド水制の設置の指標づくりを行っていきたい。